

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-255152

(43)Date of publication of application : 21.09.2001

(51)Int.Cl.

G01C 19/56

G01P 9/04

H01L 41/09

(21)Application number : 2000-062528

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 07.03.2000

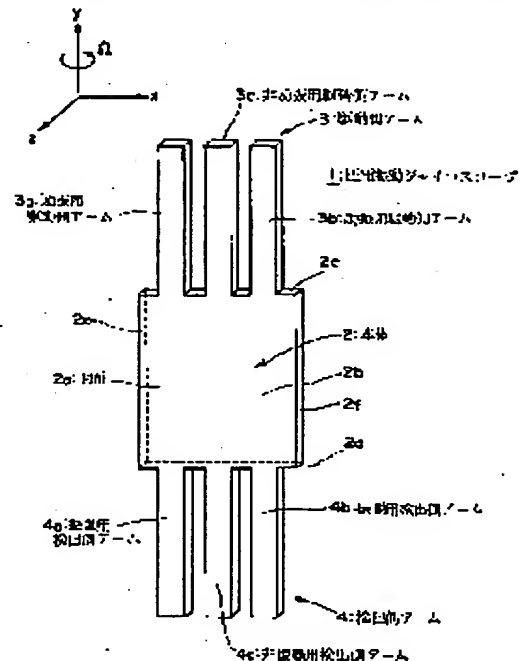
(72)Inventor : INOUE TAKESHI  
YAMAMOTO MITSURU

## (54) PIEZOELECTRIC VIBRATING GYROSCOPE AND ITS FREQUENCY ADJUSTING METHOD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a piezoelectric vibrating gyroscope which yields satisfactory S/N and which increases the resolution of angular velocity.

**SOLUTION:** The piezoelectric vibrating gyroscope is composed of a drive-side arm 3 from among two sets of arms which protrude in the mutually opposite directions and which are composed of a piezoelectric body is formed of two drive-side arms 3a, 3b for excitation, which vibrate in mutually opposite phases and one drive-side arm 3c for nonexcitation, which is interposed between the drive-side arms for excitation; a detection-side arm 4 formed of two detection-side arms 4a, 4b, for vibration, which are vibrated in mutually opposite phases and one detection-side arm 4c, for nonvibration which is interposed between both detection-side arms for vibration; and drive electrodes 5 which excite an in-phase vibration vibrated in a direction parallel to the main face are formed at both drive-side arms 3a, 3b for excitation and that detecting electrodes 6 which detect a plane-perpendicular vibration vibrated in a direction perpendicular to the main face are formed at both detection-side arms 4a, 4b for vibration.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 22.04.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision] 2003-09153

**This Page Blank (uspto)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-255152

(P2001-255152A)

(43) 公開日 平成13年9月21日(2001.9.21)

(51) IntCl <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
G 0 1 C 19/56		G 0 1 C 19/56	2 F 1 0 5
G 0 1 P 9/04		G 0 1 P 9/04	
H 0 1 L 41/09		H 0 1 L 41/08	U

審査請求 有 請求項の数11 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2000-62528(P2000-62528)

(22) 出願日 平成12年3月7日(2000.3.7)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 井上 武志

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内

(72) 発明者 山本 満

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内

(74) 代理人 100086759

弁理士 渡辺 喜平

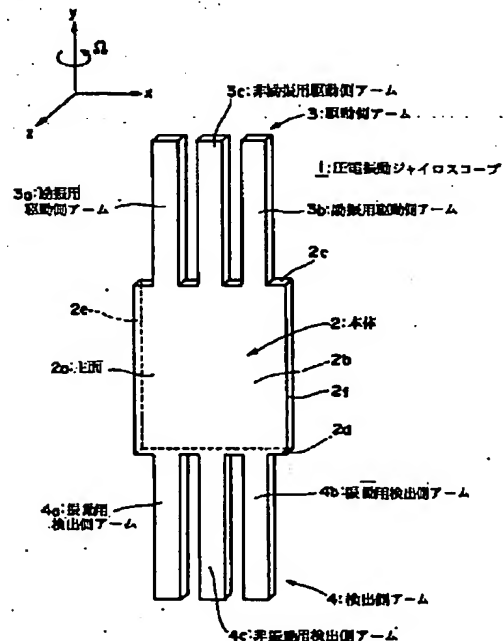
Fターム(参考) 2F105 AA01 CC01 CC04 CD02 CD06

(54) 【発明の名称】 圧電振動ジャイロ스코プおよびその周波数調整方法

(57) 【要約】

【課題】 良好なS/N比を得て角速度の分解能を高める。

【解決手段】 それぞれが互いに反対の方向に突出する圧電体からなる二組のアームのうち駆動側アーム3を、それぞれが互いに逆位相で振動する二本の励振用駆動側アーム3a、3bおよびこれら両励振用駆動側アーム間に介在する一本の非励振用駆動側アーム3cによって形成し、検出側アーム4を、それぞれが互いに逆位相で振動する二本の振動用検出側アーム4a、4bおよびこれら両振動用検出側アーム間に介在する一本の非振動用検出側アーム4cによって形成し、両励振用駆動側アーム3a、3bには主面と平行な方向に振動する面内振動を励起するための駆動用電極5が形成され、両振動用検出側アーム4a、4bには主面と垂直な方向に振動する面垂直振動を検出するための検出用電極6が形成されている構成としてある。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 表裏面を主面とする矩形板からなる本体と、

この本体に前記主面と同一の平面内でそれぞれが互いに反対の方向に突出する圧電体からなる二組のアームとを備え、

これら各組アームのうち一方組のアームを、それぞれが互いに逆位相で振動する二本の励振用駆動側アームおよびこれら両励振用駆動側アーム間に介在する一本の非励振用駆動側アームによって形成し、

他方組のアームを、それぞれが互いに逆位相で振動する二本の振動用検出側アームおよびこれら両振動用検出側アーム間に介在する一本の非振動用検出側アームによって形成し、

このうち両励振用駆動側アームには、前記主面と平行な方向に振動する面内振動を励起するための駆動用電極が形成され、

両振動用検出側アームのうち少なくとも一方の振動用検出側アームには、前記主面と垂直な方向に振動する面垂直振動を検出するための検出用電極が形成されていることを特徴とする圧電振動ジャイロ스코ープ。

【請求項2】 前記本体が、前記励振用駆動側アームから前記振動用検出側アームへの面内振動の伝達を抑制するための矩形板であることを特徴とする請求項1記載の圧電振動ジャイロ스코ープ。

【請求項3】 前記本体と各組アームとが一体に形成されていることを特徴とする請求項1または2記載の圧電振動ジャイロ스코ープ。

【請求項4】 前記駆動側アームおよび前記検出側アームが、Zカット水晶およびZカットランガサイトのうちいずれかの材料からなる断面矩形状のアームによって形成され、

このうち駆動側アームにおける二主面と二側面の幅方向中央部にそれぞれ前記駆動用電極が位置し、かつ、アーム突出始端部からアーム突出終端部に向かって延びるような同一の大きさに形成され、

検出側アームにおける前記主面と垂直な二側面の幅方向両端部にそれぞれ前記検出用電極が位置し、かつ、アーム突出始端部からアーム突出終端部に向かって延びるような同一の大きさに形成されていることを特徴とする請求項1、2または3記載の圧電振動ジャイロ스코ープ。

【請求項5】 前記各駆動用電極の長さおよび幅が、それぞれ駆動側アーム長の40%~70%の範囲と駆動側アーム幅の50%~70%の範囲に設定され、前記各検出用電極の長さおよび二倍幅が、それぞれ検出側アーム長の40%~70%の範囲と検出側アーム幅の30%~50%の範囲に設定されていることを特徴とする請求項4記載の圧電振動ジャイロ스코ープ。

【請求項6】 前記駆動側アームおよび前記検出側アームが、Xカット水晶、Xカットランガサイト、130°

回転Y板リチウムタンタレートおよび圧電セラミックスのうちいずれかの材料からなる断面矩形状のアームによって形成され、

このうち駆動側アームにおける主面の幅方向両端部にそれぞれ前記駆動用電極が位置し、かつ、アーム突出始端部からアーム突出終端部に向かって延びるような同一の大きさに形成され、

検出側アームにおける主面と二側面の幅方向中央部にそれぞれ前記検出用電極が位置し、かつ、アーム突出始端部からアーム突出終端部に向かって延びるような同一の大きさに形成されていることを特徴とする請求項1、2または3記載の圧電振動ジャイロ스코ープ。

【請求項7】 前記各駆動用電極の長さおよび二倍幅が、それぞれ駆動側アーム長の40%~70%の範囲と駆動側アーム幅の30%~50%の範囲に設定され、前記各検出用電極の長さおよび幅が、それぞれ検出側アーム長の40%~70%の範囲と検出側アーム幅の50%~70%の範囲に設定されていることを特徴とする請求項6記載の圧電振動ジャイロ스코ープ。

【請求項8】 ジャイロ스코ープ全体を上下左右対称の構造とし、前記本体の厚さおよび前記各アームの厚さを同一の寸法に設定したことを特徴とする請求項1~7のうちいずれか一項に記載の圧電振動ジャイロ스코ープ。

【請求項9】 前記非励振用駆動側アームと前記本体間および前記本体と前記非振動用検出側アーム間の各境界部を保持する保持体を有することを特徴とする請求項1~8のうちいずれか一項に記載の圧電振動ジャイロ스코ープ。

【請求項10】 ジャイロ스코ープ重心部分を保持する保持体を有することを特徴とする請求項1~8のうちいずれか一項に記載の圧電振動ジャイロ스코ープ。

【請求項11】 請求項1~10のうちいずれか一項に記載の圧電振動ジャイロ스코ープにおける、前記面内振動の共振周波数と前記面垂直振動の共振周波数との周波数差を調整する方法であって、前記周波数差を調整するにあたり、前記本体の四隅を切削することを特徴とする圧電振動ジャイロ스코ープの周波数調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、圧電体を備えた音叉型の振動ジャイロ스코ープに用いられる圧電振動ジャイロ스코ープおよびその周波数調整方法に関する。

【0002】

【従来の技術】一般に、振動ジャイロ스코ープは、回転物上で振動している物体に対し、振動および回転物の角速度ベクトルに垂直なコリオリ力が働くことを利用して、回転物の角速度を測定する装置として知られており、航空機、大型船舶あるいは宇宙衛星などに位置確認用の装置として使用されてきた。最近では、民生用の分野において、カーナビゲーションによる測位、自動車の

姿勢制御、VTR用カメラやスチルカメラの手振れの検出などに使用されている。

【0003】このような振動ジャイロスコープには、駆動電圧を印加して駆動振動を励起し、コリオリ力により生じた検出振動を電気的に検出する圧電振動ジャイロスコープがあり、例えば「弾性波デバイスハンドブック」（オーム社）の491頁～497頁に記載されているように、スベリー音叉ジャイロ、ワトソン音叉ジャイロ、音片ジャイロあるいは円筒型振動ジャイロなどが知られている。

【0004】従来、この種の圧電振動ジャイロスコープとしては、特開平8-128830号公報に開示され、リチウムタンタレート圧電単結晶からなる高性能な音叉ジャイロが採用されている。この圧電振動ジャイロスコープにつき、図18(a)および(b)を用いて説明する。同図において、符号100で示す圧電振動ジャイロスコープは、正面矩形状の主面101aを有する基部101およびこの基部101の同一側に突出する左右二つのアーム部102、103を備え、全体が音叉型のジャイロスコープによって形成されている。右側のアーム部102および左側のアーム部103には、それぞれ振動を励起するための駆動用電極と振動を検出するための検出用電極（共に図示せず）が形成されている。

【0005】次に、このような圧電振動ジャイロスコープの動作につき、図18(a)および(b)を用いて説明する。右側のアーム部102の電極部分に電圧を印加すると、アーム部102が圧電振動ジャイロスコープ100の主面101aと平行な面内で左右に振動する。このアーム部102が振動すると、この振動が基部101を介して左側のアーム103に伝わり、同図(a)に示すように、圧電振動ジャイロスコープ100の主面101aと平行な面内で各アーム部102、103が互いに内側（アーム中間部）に接近するような変位と外側に離開するような変位とを繰り返す面内振動が励起される。この面内振動は圧電振動ジャイロスコープ100の固有振動モードの一つであり、本例ではこれが駆動振動モードである。

【0006】このとき、圧電振動ジャイロスコープ100が、両アーム部102、103の突出方向に沿った軸線回り、すなわち同図のZ軸回りに角速度 $\Omega$ で回転する回転物上にあれば、同図(b)に示すように、主面101aに垂直なコリオリ力 $F_c$ が働く。これにより、各アーム部102、103が互いに反対の方向に主面101aと垂直な方向に変位を繰り返す面垂直振動が励起される。この面垂直振動も圧電振動ジャイロスコープ100の固有振動モードの一つであり、本例ではこれが検出振動モードである。そして、回転物のZ軸回りの角速度 $\Omega$ を測定するには、検出振動モードの面垂直振動をアーム部103の電極部分の電位差として検出することにより行う。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかるに、従来の圧電振動ジャイロスコープにおいては、駆動振動モードおよび検出振動モードの節部（不動点）が存在せず、このため左側のアーム部103に検出振動モードである面垂直振動が励起されるだけでなく、駆動振動モードである面内振動も励起される。また、両アーム部102、103が基部101の同一側に突出する構造であるため、駆動用電極と検出用電極とが互いに接近する位置に配置される。この結果、各振動モードが互いに影響を及ぼし合い、すなわち両アーム部102、103に機械的結合が起こり、また駆動用電極に印加した電圧が検出用電極に流れる検出電流に影響を及ぼし、すなわち両電極に静電的結合が起こり、これら機械・静電的結合によって検出の雑音となる振動が生じ、S/N比を悪くして角速度の分解能が劣るという問題があった。

【0008】本発明はこのような事情にかんがみてなされたもので、良好なS/N比を得ることができ、もって角速度の分解能を高めることができる圧電振動ジャイロスコープおよびその周波数調整方法の提供を目的とする。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明の請求項1記載の圧電振動ジャイロスコープは、表裏面を主面とする矩形板からなる本体と、この本体に主面と同一の平面内でそれぞれが互いに反対の方向に突出する圧電体からなる二組のアームとを備え、これら各組アームのうち一方組のアームを、それぞれが互いに逆位相で振動する二本の励振用駆動側アームおよびこれら両励振用駆動側アーム間に介在する一本の非励振用駆動側アームによって形成し、他方組のアームを、それぞれが互いに逆位相で振動する二本の振動用検出側アームおよびこれら両振動用検出側アーム間に介在する一本の非振動用検出側アームによって形成し、このうち両励振用駆動側アームには主面と平行な方向に振動する面内振動を励起するための駆動用電極が形成され、両振動用検出側アームのうち少なくとも一方の振動用検出側アームには主面と垂直な方向に振動する面垂直振動を検出するための検出用電極が形成されている構成としてある。

【0010】したがって、ジャイロスコープ全体が回転物上にあって、励振用駆動側アームに電圧を印加して面内振動を励起すると、コリオリ力によって励振用駆動側アームに面垂直振動が生じ、この面垂直振動が本体を介して振動用検出側アームに伝達されて面垂直振動が励起される。

【0011】請求項2記載の発明は、請求項1記載の圧電振動ジャイロスコープにおいて、本体が励振用駆動側アームから振動用検出側アームへの面内振動の伝達を抑制するための矩形板である構成としてある。したがって、励振用駆動側アームに面内振動が励起しても、この

面内振動の振動用検出側アームへの伝達が本体によって抑制される。

【0012】請求項3記載の発明は、請求項1または2記載の圧電振動ジャイロ스코ープにおいて、本体と各組アームとが一体に形成されている構成としてある。したがって、各アームと本体との間に接続部がある場合と比べて良好な周波数特性が得られる。

【0013】請求項4記載の発明は、請求項1、2または3記載の圧電振動ジャイロ스코ープにおいて、駆動側アームおよび検出側アームがZカット水晶およびZカットランガサイトのうちいずれかの材料からなる断面矩形状のアームによって形成され、このうち駆動側アームにおける二主面と二側面の幅方向中央部にそれぞれ駆動用電極が位置し、かつアーム突出始端部からアーム突出終端部に向かって延びるような同一の大きさに形成され、検出側アームにおける主面と垂直な二側面の幅方向両端部にそれぞれ検出用電極が位置し、かつアーム突出始端部からアーム突出終端部に向かって延びるような同一の大きさに形成されている構成としてある。

【0014】したがって、互いに対向する位置にある駆動用電極同士が同一の極性となり、かつ互いに隣り合う位置にある駆動用電極同士が異なる極性となるように、駆動用電極を交流電源に接続すると、駆動側アームに面内振動が励起される。また、対角線方向の検出用電極が同一の極性となり、かつ互いに対向する検出用電極同士および同一面上の検出用電極同士が異なる極性となるように、検出用電極を検出装置に接続すると、検出側アームの面垂直振動の振幅が検出される。

【0015】請求項5記載の発明は、請求項4記載の圧電振動ジャイロ스코ープにおいて、各駆動用電極の長さおよび幅がそれぞれ駆動側アーム長の40%~70%の範囲と駆動側アーム幅の50%~70%の範囲に設定され、各検出用電極の長さおよび二倍幅がそれぞれ検出側アーム長の40%~70%の範囲と検出側アーム幅の30%~50%の範囲に設定されている構成としてある。したがって、圧電体がZカット水晶あるいはZカットランガサイトの材料である場合に、高い実効的電気機械結合係数によって検出側アームにおける変位検出が行われる。

【0016】請求項6記載の発明は、請求項1、2または3記載の圧電振動ジャイロ스코ープにおいて、駆動側アームおよび検出側アームがXカット水晶、Xカットランガサイト、130°回転Y板リチウムタンタレートおよび圧電セラミックスのうちいずれかの材料からなる断面矩形状のアームによって形成され、このうち駆動側アームにおける主面の幅方向両端部にそれぞれ駆動用電極が位置し、かつアーム突出始端部からアーム突出終端部に向かって延びるような同一の大きさに形成され、検出側アームにおける主面と二側面の幅方向中央部にそれぞれ検出用電極が位置し、かつアーム突出始端部からアーム突出終端部に向かって延びるような同一の大きさに形成されている構成としてある。

ム突出終端部に向かって延びるような同一の大きさに形成されている構成としてある。

【0017】したがって、対角線方向の駆動用電極同士が同一の極性になり、かつ互いに対向する駆動用電極同士および同一面上の駆動用電極同士が異なる極性となるように、駆動用電極を交流電源に接続すると、駆動側アームに面内振動が励起される。また、互いに対向する検出用電極同士が同一の極性になり、かつ互いに隣り合う検出用電極同士が異なる極性となるように、検出用電極を検出装置に接続すると、検出側アームの面垂直振動の振幅が検出される。

【0018】請求項7記載の発明は、請求項6記載の圧電振動ジャイロ스코ープにおいて、各駆動用電極の長さおよび二倍幅がそれぞれ駆動側アーム長の40%~70%の範囲と駆動側アーム幅の30%~50%の範囲に設定され、各検出用電極の長さおよび幅がそれぞれ検出側アーム長の40%~70%の範囲と検出側アーム幅の50%~70%の範囲に設定されている構成としてある。したがって、圧電体がXカット水晶、Xカットランガサイト、130°回転Y板リチウムタンタレートあるいは圧電セラミックスの材料である場合に、高い実効的電気機械結合係数によって検出側アームにおける変位検出が行われる。

【0019】請求項8記載の発明は、請求項1~7のうちいずれか一項に記載の圧電振動ジャイロ스코ープにおいて、ジャイロ스코ープ全体を上下左右対称の構造とし、本体の厚さおよび各アームの厚さを同一の寸法に設定した構成としてある。したがって、スプリアス応答の少ない良好な周波数応答での検出を可能とするジャイロ스코ープ形状が簡単に得られる。

【0020】請求項9記載の発明は、請求項1~8のうちいずれか一項に記載の圧電振動ジャイロ스코ープにおいて、非励振用駆動側アームと本体間および本体と非振動用検出側アーム間の各境界部を保持する保持体を有する構成としてある。したがって、振動変位が小さい位置における保持体によってジャイロ스코ープ全体が安定した状態で保持される。

【0021】請求項10記載の発明は、請求項1~8のうちいずれか一項に記載の圧電振動ジャイロ스코ープにおいて、ジャイロ스코ープ重心部分を保持する保持体を有する構成としてある。したがって、振動変位が最も小さい位置における保持体によってジャイロ스코ープ全体が一層安定した状態で保持される。

【0022】請求項11記載の発明（圧電振動ジャイロ스코ープの周波数調整方法）は、請求項1~10のうちいずれか一項に記載の圧電振動ジャイロ스코ープにおける面内振動の共振周波数と面垂直振動の共振周波数との周波数差を調整する方法であって、周波数差を調整するにあたり、本体の四隅を切削する方法としてある。したがって、本体の四隅を切削すると、面垂直振動の共振周

波数の低下量が面内振動の共振周波数の低下量より大きくなる。

#### 【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態につき、図面を参照して説明する。図1は本発明の第一実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープを示す斜視図である。同図において、符号1で示す圧電振動ジャイロスコープは、本体2、駆動側アーム3および検出側アーム4を備えた上下左右対称の構造とし、全体が例えばZカットラングサイトの圧電体からなる六脚型圧電振動ジャイロスコープによって形成されている。

【0024】本体2は、表裏面に対応する二つの主面2a、2bおよびこれら両主面2a、2bに接続する上下左右四つの端面2c～2fを有し、特定振動のアーム間伝達を抑制するための高剛性部材からなる矩形板によって形成されている。この場合、特定振動を本体2の主面2a、2bと平行な方向に駆動側アーム3が振動する面内振動とする。

【0025】駆動側アーム3は、それぞれが互いに逆位相で振動する二本の励振用駆動側アーム3a、3bおよびこれら両励振用駆動側アーム3a、3b間に介在する一本の非励振用駆動側アーム3cからなり、本体2に上方の端面2cに主面2a、2bと同一の平面内で垂直に突出するように一体に設けられている。そして、各駆動側アーム3a～3cは、所定のアーム間隔をもって並列するような位置に配置されており、全体が本体2の厚さと同一の厚さをもつ断面ほぼ正方形の角形棒によって形成されている。

【0026】検出側アーム4は、それぞれが互いに逆位相で振動する二本の振動用検出側アーム4a、4bおよびこれら両振動用検出側アーム4a、4b間に介在する一本の非振動用検出側アーム4cからなり、本体2に下方の端面2dに主面2a、2bと同一の平面内で垂直に突出するように一体に設けられている。そして、各検出側アーム4a～4cは、それぞれが対応する駆動側アーム3a～3cと同一の線上において所定のアーム間隔をもって並列するような位置に配置されており、全体が駆動側アーム3の厚さと同一の厚さをもつ断面ほぼ正方形の角形棒によって形成されている。

【0027】次に、本実施形態に係る圧電ジャイロスコープにおける電極の配置およびその結線につき、図2～図4を用いて説明する。図2(a)～(c)は本発明の第一実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープにおける電極の配置状態を示す上面図、正面図および下面図である。図3は本発明の第一実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープにおける駆動用電極の接続状態を示す結線図、図4は本発明の第一実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープにおける検出用電極の接続状態を示す結線図である。図2に示すように、励振用駆動側アーム3a、3bには、それぞれ本体2の主面2aと平行な方向に振

動する面内振動を励起するための四つの駆動用電極5が設けられている。一方、振動用検出側アーム4a、4bには、それぞれ本体2の主面2aと垂直な方向に振動する面垂直振動を検出するための四つの検出用電極6が設けられている。

【0028】各駆動用電極5は、アーム突出始端部からアーム突出終端部に向かって延びる同一大の正面矩形状電極からなり、各励振用駆動側アーム3a、3bの両主面（本体2の主面2aと平行な二側面）および両側面（本体2の主面2aと垂直な二側面）の幅方向中央部に配置されている。そして、図3に示すように、駆動用電極5のうちそれぞれが互いに対向する位置にある駆動用電極5同士は同一の極性となり、かつそれぞれが互いに隣り合う駆動用電極5同士は異なる極性となるように交流電源Gに接続されている。なお、励振用駆動側アーム3aの駆動用電極5と励振用駆動側アーム3bの駆動用電極5とは、それぞれが互いに反対の極性パターンとなるように交流電源Gに接続されている。

【0029】各検出用電極6は、アーム突出始端部からアーム突出終端部に向かって延びる同一大の正面矩形状電極からなり、各振動用検出側アーム4a、4bの両側面（本体2の主面2aと垂直な面）の幅方向両端部に配置されている。そして、図4に示すように、検出用電極6のうち対角線方向の位置にある二つの検出用電極6同士が同一の極性となり、かつそれぞれが対向する位置にある検出用電極6同士および同一面上にある検出用電極6が異なる極性になるように検出装置（図示せず）に各端子を介して接続されている。なお、振動用検出側アーム4aの検出用電極6と振動用検出側アーム4bの検出用電極6とは、それぞれが互いに反対の極性パターンとなるように検出装置に接続されている。

【0030】次に、本実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープによる角速度の検出時における動作につき、図3～図6を用いて説明する。まず、駆動用電極5に交流電圧を印加すると、両励振用駆動側アーム3a、3b内に、例えば図3に矢印で示すように電界が励起され、機械的な圧力が生じる。これにより、励振用駆動側アーム3a、3bは本体2の主面2a内で左右（主面2aと平行な方向）に変位する。

【0031】このとき、各励振用駆動側アーム3a、3bは、その電極結線の違いによって、図3に示すように、常に反対方向の電界が励起され、反対方向の機械的変位が生じる。これにより、図5に二点鎖線で示すように、各励振用駆動側アーム3a、3bに振動の位相が180°異なるように主面2a内で左右に振動する面内振動が励起される。この面内振動が本実施形態の六脚型圧電振動ジャイロスコープにおける駆動モードの振動である。

【0032】なお、図5は、説明を判りやすくするために、各励振用駆動側アーム3a、3bが極端に大きな変

位をするように示しているが、実際のアーム変位量は、各励振用駆動側アーム3a, 3bが互いに当接することがない程度の変位量である。

【0033】次に、各励振用駆動側アーム3a, 3bに面内振動が励起されると、圧電振動ジャイロスコープ1が駆動側アーム3a～3cの突出方向すなわちy軸（図1）回りに角速度 $\Omega$ で回転する回転物上に置かれている場合、励振用駆動側アーム3a, 3bには本体2の主面2aに対して垂直な方向にコリオリ力が働く。これにより、図6に二点鎖線で示すように、励振用駆動側アーム3a, 3bには、面内振動に対応して、各励振用駆動側アーム3a, 3bの振動の位相が互いに $180^\circ$ 異なるように、本体2の主面2aに対して垂直な方向（前後）に振動する面垂直振動が励起される。

【0034】このとき、各励振用駆動側アーム3a, 3bの面垂直振動が本体2を介して各振動用検出側アーム4a, 4bに伝わり、各励振用駆動側アーム3a, 3bにおける面垂直振動と同様に、各振動用検出側アーム4a, 4bの振動の位相が互いに $180^\circ$ 異なるように、本体2の主面2aに対して垂直な方向（前後）に振動する面垂直振動が励起される。この面垂直振動が、本実施形態の六脚型圧電振動ジャイロスコープにおける検出モードの振動である。

【0035】この際、振動用検出側アーム4a, 4bにおける面垂直振動の振動変位は、図6に示すように、励振用駆動側アーム3a, 3bにおける面垂直振動の振動変位の数倍の大きさになる。なお、本体2は、主面方向の剛性が高いため、各励振用駆動側アーム3a, 3bの面内振動が各検出側アーム4a～4cに殆ど伝わらず、各検出側アーム4a～4cには面内振動が殆ど励起されない。

【0036】そして、各振動用検出側アーム4a, 4bに面垂直振動による変位によって図4に矢印で示すような電界が生じ、検出用電極6に振動用検出側アーム4a, 4bの面垂直振動による変位に対応する電位が励起され、この電位の振幅を測定することにより、回転物のy軸回りの角速度 $\Omega$ を測定することができる。

【0037】なお、図5および図6は、FEM（有限要素法）によって解析した六脚型圧電振動ジャイロスコープ1の振動モード図を示しているが、実際に六脚型圧電振動ジャイロスコープ1を振動させてレーザードップラーバイプロメータで計測した振動変位分布も図5および図6に示す振動モード図に一致することが確かめられた。

【0038】また、本実施形態における六脚型の圧電振動ジャイロスコープ1は、2カットラングサイト板からワイヤーカットの方法により、図1に示すような六脚型圧電振動ジャイロスコープ用の素板を切り抜き、蒸着法およびフォトリソ法によってAu/Cr蒸着電極として、図2に示すような駆動用電極5および検出用電極

6を形成することにより製造した。

【0039】さらに、本実施形態においては、駆動モードの面内振動および検出モードの面垂直振動以外の検出の雑音となる振動の発生を抑止するために、全体構造を上下左右対称な形状とし、本体2および各アーム3, 4の厚さを同一の寸法に設定することが望ましい。この形状からのずれが大きいと、面内振動の共振周波数および面垂直振動の共振周波数とは異なる周波数の振動が生じ、スプリアス応答が発生してしまう。

【0040】そこで、六脚型の圧電振動ジャイロスコープ1を上下左右対称な形状とすることにより、スプリアス応答のない良好な周波数応答および立ち上がりの早い応答が得られる。本実施形態においては、本体2の長さ、幅および厚さをそれぞれ4mm, 4mmおよび0.46mmとし、各アーム3, 4の長さ、幅および厚さをそれぞれ6mm, 0.4mmおよび0.46mmとした。

【0041】この他、本実施形態において、駆動用電極5への電圧の印加によって高効率で励振用駆動側アーム3a, 3bに面内振動を励起するためには、駆動用電極5の大きさを実効的電気機械結合係数（ $K_{eff}$ ）ができるだけ高くなるような大きさにすることが望ましい。

【0042】次に、駆動用電極5の大きさと実効的電気機械結合係数との関係につき、図7～図9を用いて説明する。図7（a）および（b）は本発明の第一実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープの励振用駆動側アームを示す正面図と側面図、図8は図7の励振用駆動側アームにおける駆動用電極の長さを実効的電気機械結合係数との関係を示す図、図9は図7の励振用駆動側アームにおける駆動用電極の幅と実効的電気機械結合係数との関係を示す図である。本実施形態に示す六脚型の圧電振動ジャイロスコープ1は、駆動側アーム3a～3cのステフネスに比べて本体2のステフネスが十分に大きいので、図7に示すように、励振用駆動側アーム3aを片持ち支持梁として動作するものと考えることができる。そこで、片持ち支持梁とみなされる励振用駆動側アーム3aにおいて、駆動用電極5の形状を変えた場合の実効的電気機械結合係数を求めた。

【0043】まず、駆動用電極6の幅 $W_e$ と励振用駆動側アーム3aの幅 $W_a$ との比 $W_e/W_a$ を0.7に保ち、駆動用電極5の長さ $L_e$ と励振用駆動側アーム3aの長さ $L_a$ との比 $L_e/L_a$ を0から1まで変化したとき、比 $L_e/L_a$ に対する実効的電気機械結合係数（相対値）の変化を求めた結果を図8に示す。同図から明らかなように、励振用駆動側アーム3aの長さ $L_a$ に対する駆動用電極5の長さ $L_e$ の比 $L_e/L_a$ の値が0.4～0.7の付近で、実効的電気機械結合係数が大きくなっていることが分かる。

【0044】次に、励振用駆動側アーム3aの長さ $L_a$ に対する駆動用電極5の長さ $L_e$ の比 $L_e/L_a$ を0.



6に保ち、励振用駆動側アーム3aの幅 $W_a$ に対する駆動用電極5の幅 $W_e$ の比 $W_e/W_a$ と実効的電気機械結合係数（相対値）との関係を求めた結果を図9に示す。同図から明らかなように、比 $W_e/W_a$ の値が0.5~0.7の付近で、実効的電気機械結合係数が大きくなっていることが分かる。

【0045】以上の結果によると、駆動用電極5の長さを励振用駆動側アーム3a~3cの長さの40%~70%とし、駆動用電極5の幅を励振用駆動側アーム3a~3cの幅の50%~70%としたとき、高い実効的電気機械結合係数が得られる。また、本実施形態において、振動用検出側アーム4aの面垂直振動の検出用電極6による検出感度を高めるためには、検出用電極6の大きさを実効的電気機械結合係数ができるだけ高くなるような大きさにすることが望ましい。

【0046】次に、検出用電極6の大きさと実効的電気機械結合係数との関係につき、図10~図12を用いて説明する。図10(a)および(b)は本発明の第一実施形態に係る圧電振動ジャイロ스코ープの振動用検出側アームを示す正面図と側面図、図11は図10の振動用検出側アームにおける検出用電極の長さの実効的電気機械結合係数との関係を示す図、図12は図10の振動用検出側アームにおける検出用電極の幅の実効的電気機械結合係数との関係を示す図である。本実施形態に示す六脚型の圧電振動ジャイロ스코ープ1は、検出側アーム4a~4cのステフネスに比べて本体2のステフネスが十分に大きいので、図10に示すように、振動用検出側アーム4aを片持ち支持梁として動作するものと考えることができる。そこで、片持ち支持梁とみなされる振動用検出側アーム4aにおいて、検出用電極6の形状を変えた場合の実効的電気機械結合係数を求めた。

【0047】まず、振動用検出側アーム4aの幅 $W_{av}$ に対する検出用電極6の二倍幅（同一面に形成された二つの検出用電極6の幅の和） $W_{ev}$ の比 $W_{ev}/W_{av}$ の値を0.5に保ち、検出用電極6の長さ $L_{ev}$ を変えて、振動用検出側アーム4aの長さ $L_{av}$ に対する比 $L_{ev}/L_{av}$ と実効的電気機械結合係数（相対値）との関係を求めた結果を図11に示す。同図から明らかなように、比 $L_{ev}/L_{av}$ の値が0.4~0.7の付近で、実効的電気機械結合係数が大きな値を示すことが分かる。

【0048】次に、振動用検出側アーム4aの長さ $L_{av}$ に対する検出用電極6の長さ $L_{ev}$ の比 $L_{ev}/L_{av}$ を0.6に保ち、振動用検出側アーム4aの幅 $W_{av}$ に対する検出用電極6の二倍幅（同一面に形成された二つの検出用電極6の幅の和） $W_{ev}$ の比 $W_{ev}/W_{av}$ と実効的電気機械結合係数（相対値）との関係を求めた結果を図12に示す。同図から明らかなように、比 $W_{ev}/W_{av}$ の値が0.3~0.5の付近で、実効的電気機械結合係数が大きくなっていることが分かる。

【0049】以上の結果によると、検出用電極6の長さを検出側アーム4a~4cの長さの40%~70%とし、検出用電極6の二倍幅を検出側アーム4a~4cの幅の30%~50%としたとき、高い実効的電気機械結合係数が得られ、周波数応答が広く高感度な圧電振動ジャイロ스코ープ1を得ることができる。

【0050】このような圧電振動ジャイロ스코ープ1においては、振動モードの振動の共振周波数と検出モードの振動の共振周波数との差が小さすぎると、感度は高くなるものの、外力による振動などによって生じる角速度の過渡的な変化などの雑音の影響が大きくなってしまふ。そこで、周波数応答にすぐれかつ高感度な圧電振動ジャイロ스코ープ1を得るために、駆動モードの振動の共振周波数と検出モードの振動の共振周波数とに差を付けること、すなわち離調を行うことが望ましい。例えば、圧電振動ジャイロ스코ープ1を自動車に搭載することを想定すると、駆動モードである面内振動の共振周波数と検出モードである面垂直振動の共振周波数との差は100Hz程度とすることが望ましく、本実施形態でもその差を100Hzとした。

【0051】この際、駆動モードの振動の共振周波数と検出モードの振動の共振周波数との差を所望の値に調整する方法としては、本体2の四隅をレーザーによって切削する方法がある。この方法を用いると、面内振動の共振周波数と面垂直振動の共振周波数とが共に低下するが、面垂直振動の共振周波数の低下量より面内振動の共振周波数の低下量が大きくなることから、本体2の四隅を切削することにより、駆動モードの振動である面内振動の共振周波数と検出モードの振動である面垂直振動の共振周波数との差を調整することができる。

【0052】また、本実施形態においては、圧電振動ジャイロ스코ープ1の構造全体が上下左右対称であるため、重心部分の振動変位が励振用駆動側アーム3a、3bおよび振動用検出側アーム4a、4bの最大振動変位に比べて10000分の一以下ときわめて小さく、この重心部分において図13に示すように安定性の高い支持（保持）を行うことが可能となる。図13は重心部分に固着した保持体20による圧電振動ジャイロ스코ープ1の保持状態を示す側面図である。本実施形態では、保持体20が石英ガラスからなり、直径および高さを1mmの寸法とする。

【0053】このように、六脚型の圧電振動ジャイロ스코ープ1を重心保持した場合でも、圧電振動ジャイロスコープ1の機械的品質係数は、保持しない場合と比べても二割以下しか低下せず、保持することによる損失の増加はほとんど見られなかった。また、重心保持することによる駆動モード（面内振動）の共振周波数および検出モード（面垂直振動）の共振周波数の変化は3Hz以下であった。本実施形態における圧電単結晶ランガサイト製の圧電振動ジャイロ스코ープ1を、図13に示すよう

に保持し、角速度の検出を行ったところ、 $0.6\text{ mV}/(\text{deg/s})$ と高い感度での検出を行うことができた。

【0054】また、本実施形態に示す圧電振動ジャイロスコープ1において、非励振用駆動側アーム3cおよび非振動用検出側アーム4cの振動変位がきわめて小さいことを利用し、非励振用駆動側アーム3c（アーム突出始端部）と本体2間および本体2と非振動用検出側アーム4c（アーム突出始端部）間の各境界部を保持（二点保持）すると、前述した重心保持した場合と同様に安定性の高い保持を行うことができた。

【0055】以上説明したように、本実施形態に示す圧電振動ジャイロスコープ1では、励振用駆動側アーム3a、3bを逆相で対称面内振動（駆動モードの振動）させると、本体2の主面2aと垂直な方向に働くコリオリ力によって励振用駆動側アーム3a、3bに面垂直振動が励起され、さらにこの面垂直振動が本体2を介して振動用検出側アーム4a、4bに伝達され、振動用検出側アーム4a、4bが面垂直振動（検出モードの振動）する。

【0056】この際、駆動モードの振動は検出側アーム4a～4cには殆ど伝達されないで、検出側アーム4a～4cには駆動モードの振動が発生せず、検出モードの振動のみが発生する。このため、検出側アーム4a～4cにおいては、駆動モードの振動と検出モードの振動との機械的結合がほとんど発生しないので、検出側アーム4a～4cで検出モードの振動を検出することにより、S/N比の良好な検出が可能である。

【0057】また、本実施形態においては、励振用駆動側アーム3a、3bと振動用検出側アーム4a、4bとの間に本体2が介在する構造であるため、駆動用電極5と検出用電極6とが十分に離れており、このため静電的な結合が生じ難く、S/N比の良好な検出が可能である。さらに、本実施形態においては、上下左右対称の六脚型圧電振動ジャイロスコープであるから、従来のように重心部分に振動が発生せず、このため安定した状態で圧電振動ジャイロスコープ1を保持することができる。この他、本実施形態においては、励振用駆動側アーム3a、3bの振動変位に対して振動用検出側アーム4a、4bの振動変位が数倍大きいので、高感度な検出が可能である。

【0058】なお、本実施形態においては、両振動用検出側アーム4a、4bに検出用電極6を形成して角速度を検出する場合について説明したが、本発明はこれに限定されず、両振動用検出側アーム4a、4bのうちいずれか一方の検出側アームに形成しても角速度を検出することができる。

【0059】次に、本発明の第二実施形態につき、図14～図17を用いて説明する。図14は本発明の第二実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープを示す斜視図で

ある。同図において、符号51で示す圧電振動ジャイロスコープは、本体52、駆動側アーム53および検出側アーム54を備えた上下左右対称の構造とし、全体が例えばXカットランガサイトの圧電体からなる六脚型圧電振動ジャイロスコープによって形成されている。

【0060】本体52は、表裏面に対応する二つの主面52a、52bおよびこれら両主面52a、52bに連接する上下左右四つの端面52c～52fを有し、特定振動のアーム間伝達を抑制するための高剛性部材からなる矩形板によって形成されている。この場合、特定振動を本体2の主面52a、52bと平行な方向に駆動側アーム53が振動する面内振動とする。

【0061】駆動側アーム53は、それぞれが互いに逆位相で振動する二本の励振用駆動側アーム53a、53bおよびこれら両励振用駆動側アーム53a、53b間に介在する一本の非励振用駆動側アーム53cからなり、本体52に上方の端面52cに主面52a、52bと同一の平面内で垂直に突出するように一体に設けられている。そして、各駆動側アーム53a～53cは、所定のアーム間隔をもって並列するような位置に配置されており、全体が本体52の厚さと同一の厚さをもつ断面ほぼ正方形の角形棒によって形成されている。

【0062】検出側アーム54は、それぞれが互いに逆位相で振動する二本の振動用検出側アーム54a、54bおよびこれら両振動用検出側アーム54a、54b間に介在する一本の非振動用検出側アーム54cからなり、本体52に下方の端面52dに主面52a、52bと同一の平面内で垂直に突出するように一体に設けられている。そして、各検出側アーム54a～54cは、それぞれが対応する駆動側アーム53a～53cと同一の線上において所定のアーム間隔をもって並列するような位置に配置されており、全体が駆動側アーム53の厚さと同じの厚さをもつ断面ほぼ正方形の角形棒によって形成されている。

【0063】次に、本実施形態に係る圧電ジャイロスコープにおける電極の配置およびその結線につき、図15～図17を用いて説明する。図15(a)～(c)は本発明の第二実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープにおける電極の配置状態を示す上面図、正面図および下面図である。図16は本発明の第二実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープにおける駆動用電極の接続状態を示す結線図、図17は本発明の第二実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープにおける検出用電極の接続状態を示す結線図である。図15に示すように、励振用駆動側アーム53a、53bには、それぞれ本体52の主面52a、52bと平行な方向に振動する面内振動を励起するための四つの駆動用電極55が設けられている。一方、振動用検出側アーム54a、54bには、それぞれ本体52の主面52a、52bと垂直な方向に振動する面垂直振動を検出するための四つの検出用電極56が設けら

れている。

【0064】各駆動用電極55は、アーム突出始端部からアーム突出終端部に向かって延びる同一大の正面矩形形状電極からなり、各励振用駆動側アーム53a、53bの両主面（本体52の主面52aと平行な二側面）の幅方向両端部に配置されている。そして、図16に示すように、駆動用電極55のうち対角線方向の位置にある駆動用電極55同士が同一の極性となり、かつそれぞれが対向する位置にある駆動用電極55同士および同一面上にある駆動用電極55同士が異なる極性になるように交流電源Gに接続されている。なお、励振用駆動側アーム53aの駆動用電極55と励振用駆動側アーム53bの駆動用電極55とは、それぞれが互いに反対の極性パターンとなるように交流電源Gに接続されている。

【0065】各検出用電極56は、アーム突出始端部からアーム突出終端部に向かって延びる同一大の正面矩形形状電極からなり、各振動用検出側アーム54a、54bの両主面（本体52の主面52aと平行な二側面）および両側面（本体52の主面52aと垂直な二側面）の幅方向中央部に配置されている。そして、図17に示すように、検出用電極56のうちそれぞれが互に対向する位置にある検出用電極56同士は同一の極性となり、かつそれぞれが互いに隣り合う検出用電極56同士は異なる極性となるように検出装置（図示せず）に各端子を介して接続されている。なお、振動用検出側アーム54aの検出用電極56と振動用検出側アーム54bの検出用電極56とは、それぞれが互いに反対の極性パターンとなるように検出装置に接続されている。

【0066】このように構成された圧電振動ジャイロスコプ51においては、材質が第一実施形態の圧電振動ジャイロスコプ1の材質と異なるため、励振用駆動側アーム53a、53bに面内振動を励起するための電界および振動用検出側アーム54a、54bの面垂直振動によって励起される電界が異なり、これに対応して駆動用電極55および検出用電極56の配置が異なっている。したがって、本実施形態の圧電振動ジャイロスコプ51による角速度の検出時における動作は、動作時に励振用駆動側アーム53a、53bおよび振動用検出側アーム54a、54b内に生じる電界が異なることを除き、第一実施形態の圧電振動ジャイロスコプ1による角速度の検出時における動作とほぼ同様である。

【0067】なお、本実施形態における六脚型の圧電振動ジャイロスコプ51は、Xカットラングサイト板からワイヤーカットの方法により、図14に示すような六脚型圧電振動ジャイロスコプ用の素板を切り抜き、蒸着法およびフォトリソ法によってAu/Cr蒸着電極として、図15に示すような駆動用電極55および検出用電極56を形成することにより製造した。

【0068】また、本実施形態においては、スプリングレスな良好な周波数応答および立ち上がりの早い応

答を得るために、第一実施形態と同様に全体構造を上下左右対称な形状とし、本体52および各アーム53、54の厚さを同一の寸法に設定することが望ましい。本実施形態における本体52の長さ、幅および厚さをそれぞれ3mm、3mmおよび0.34mmとし、各アーム3、4の長さ、幅および厚さをそれぞれ4.2mm、0.3mmおよび0.34mmとした。

【0069】さらに、本実施形態において、駆動用電極55への電圧の印加によって高効率で励振用駆動側アーム53a、53bに面内振動を励起するための（実効的電気機械結合係数が大きくなるような）駆動用電極55の外形寸法（長さおよび幅）を、励振用駆動側アーム53a、53bを片持ち支持梁として扱い、駆動用電極55の大きさを変えて実効的電気機械結合係数を求めることにより調べた。この結果、図11および図12に示した結果と同様に、駆動用電極55の長さを駆動側アーム長の40%~70%とし、駆動用電極55の二倍幅（二つの駆動用電極55の幅の和）を駆動側アーム幅の30%~50%としたとき、実効的電気機械結合係数が大きくなることが分かった。

【0070】同様に、振動用検出側アーム54a、54bを片持ち支持梁として扱い、検出用電極56の大きさを変えて実効的電気機械結合係数を求めることにより、振動用検出側アーム54a、54bの面垂直振動の検出用電極56による検出感度を高くする（実効的電気機械結合係数が大きくなる）ような検出用電極56の大きさを調べた。この結果、図8および図9に示した結果と同様に、検出用電極56の長さを検出側アーム長の40%~70%とし、検出用電極56の幅を検出側アーム幅の50%~70%としたとき、実効的電気機械結合係数が大きくなることが分かった。

【0071】その他、本実施形態において、周波数応答にすぐれかつ高感度な圧電振動ジャイロスコプを得るためには、第一実施形態と同様に、駆動モードの共振周波数と検出モードの共振周波数とに差を付けること（離調）が不可欠である。この場合、周波数の調整は、第一実施形態において示した方法と同一の方法によって行うことができる。本実施形態では、駆動モード（図5に示す振動モードと同一）の共振周波数と検出モード（図6に示す振動モードと同一）の共振周波数との差を90Hzとした。

【0072】また、本実施形態においては、圧電振動ジャイロスコプ51の構造全体が上下左右対称であるため、重心部分の振動変位が励振用駆動側アーム53a、53bおよび振動用検出側アーム54a、54bの最大振動変位に比べて10000分の一以下ときわめて小さく、この重心部分において第一実施形態と同様に安定性の高い保持を行うことが可能となる。本実施形態では、図13に示す保持体20をポリイミド樹脂によって形成した。

【0073】このように、六脚型の圧電振動ジャイロスコープ51を重心保持した場合でも、圧電振動ジャイロスコープ51の機械的品質係数は、保持しない場合と比べても三割以下しか低下せず、保持することによる損失の増加はほとんど見られなかった。また、重心保持することによる駆動モード（面内振動）の共振周波数および検出モード（面垂直振動）の共振周波数の変化は5 Hz以下であった。本実施形態における圧電単結晶ランガサイト製の圧電振動ジャイロスコープ51を、図13に示すように保持し、角速度の検出を行ったところ、0.7 mV/(deg/s)と高い感度での検出を行うことができた。

【0074】さらに、本実施形態に示す圧電振動ジャイロスコープ51において、非励振用駆動側アーム53cおよび非振動用検出側アーム54cの振動変位がきわめて小さいことを利用し、非励振用駆動側アーム53c（アーム突出始端部）と本体52間および本体52と非振動用検出側アーム54c（アーム突出始端部）間の各境界部を保持（二点保持）すると、前述した重心保持した場合と同様に安定性の高い保持を行うことができた。

【0075】以上説明したように、本実施形態に示す圧電振動ジャイロスコープ51では、第一実施形態と同様に、振動用検出側アーム54a、54bに検出モードの振動のみが励起されるため、検出の雑音となる振動が小さく、また励振用駆動側アーム53a、53bと振動用検出側アーム54a、54b間の距離が十分に離れているため、静電的な雑音が小さく、S/N比の良好な検出が可能である。

【0076】また、本実施形態においては、上下左右対称の六脚型圧電振動ジャイロスコープであるから、従来のように重心部分に振動が発生せず、このため安定した状態で圧電振動ジャイロスコープ1を保持することができる。この他、本実施形態においては、励振用駆動側アーム53a、53bの振動変位に対して振動用検出側アーム54a、54bの振動変位が数倍大きいので、高感度な検出が可能である。

【0077】なお、本実施形態においては、両振動用検出側アーム54a、54bに検出用電極56を形成して角速度を検出する場合について説明したが、本発明はこれに限定されず、両振動用検出側アーム54a、54bのうちいずれか一方の検出側アームに形成しても角速度を検出することができる。

【0078】また、各実施形態においては、圧電体としてZカットランガサイトあるいはXカットランガサイトを用いた圧電振動ジャイロスコープについて説明したが、本発明はこれに限定されず、Xカット水晶、130°回転y板リチウムタンタレートあるいは圧電セラミックス（厚さ方向に一樣に分極されたもの）を用いても同様の効果を奏する。

【0079】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、高いS/N比で角速度を検出することができるから、角速度の分解能にすぐれ、地球の自転以下の小さな角速度を検出することが可能となる。また、全体構造を上下左右対称の形状とすることにより、安定性の高い重心保持構造を得ることができる。さらに、電極形状を最適化することにより、励振用駆動側アームの駆動および振動用検出側アームの検出の実効的電気機械結合係数を大きくすることができ、かつ振動用検出側アームの振動変位が励振用駆動側アームの振動変位の数倍となるので、高感度な角速度の検出を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープを示す斜視図である。

【図2】(a)～(c)は本発明の第一実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープにおける電極の配置状態を示す上面図、正面図および下面図である。

【図3】本発明の第一実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープにおける駆動用電極の接続状態を示す結線図である。

【図4】本発明の第一実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープにおける検出用電極の接続状態を示す結線図である。

【図5】本発明の第一実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープにおける駆動モードの振動時の変位を説明するために示す図である。

【図6】本発明の第一実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープにおける検出モードの振動時の変位を説明するために示す図である。

【図7】(a)および(b)は本発明の第一実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープにおける励振用駆動側アームを示す正面図と側面図である。

【図8】図7の励振用駆動側アームにおける駆動用電極の長さを実効的電気機械結合係数の関係を示す図である。

【図9】図7の励振用駆動側アームにおける駆動用電極の幅と実効的電気機械結合係数の関係を示す図である。

【図10】(a)および(b)は本発明の第一実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープにおける振動用検出側アームを示す正面図と側面図である。

【図11】図10の振動用検出側アームにおける検出用電極の長さを実効的電気機械結合係数の関係を示す図である。

【図12】図10の振動用検出側アームにおける検出用電極の幅と実効的電気機械結合係数の関係を示す図である。

【図13】本発明の第一実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープを重心支持した状態を示す側面図である。

【図14】本発明の第二実施形態に係る圧電振動ジャイロスコープを示す斜視図である。

【図15】(a)～(c)は本発明の第二実施形態に係る圧電振動ジャイロ스코ープにおける電極の配置状態を示す上面図、正面図および下面図である。

【図16】本発明の第二実施形態に係る圧電振動ジャイロ스코ープにおける駆動用電極の接続状態を示す結線図である。

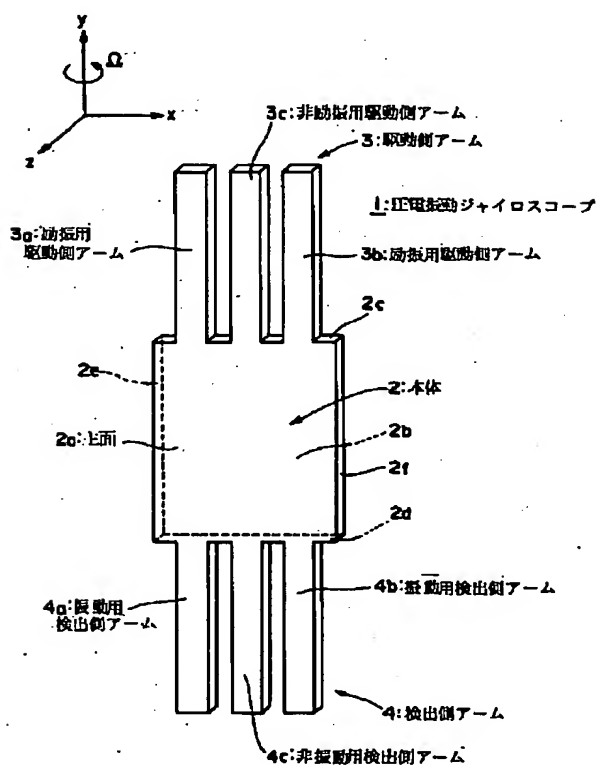
【図17】本発明の第二実施形態に係る圧電振動ジャイロ스코ープにおける検出用電極の接続状態を示す結線図である。

【図18】(a)および(b)は従来の音叉型圧電振動ジャイロ스코ープにおける駆動モードでの振動状態と検出モードでの振動状態を示す斜視図である。

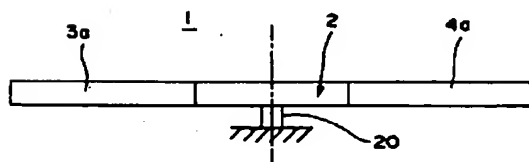
【符号の説明】

- 1 圧電振動ジャイロ스코ープ
- 2 本体
- 2 a, 2 b 主面
- 2 c～2 f 端面
- 3 駆動側アーム
- 3 a, 3 b 励振用駆動側アーム
- 3 c 非励振用駆動側アーム
- 4 検出側アーム
- 4 a, 4 b 振動用検出側アーム
- 4 c 非振動用検出側アーム
- 5 駆動用電極
- 6 検出用電極

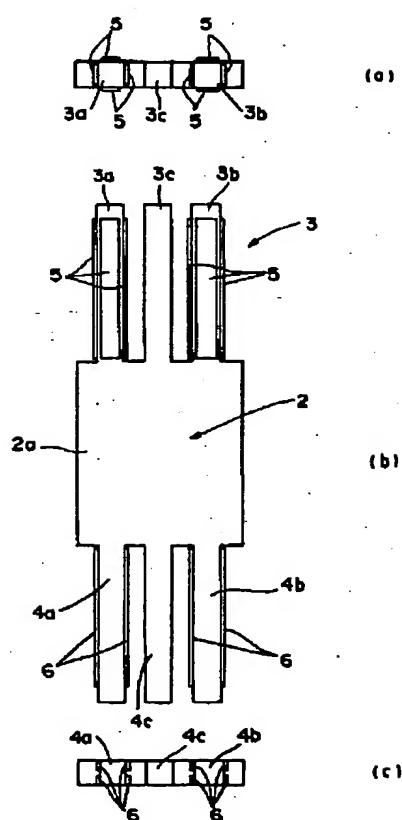
【図1】



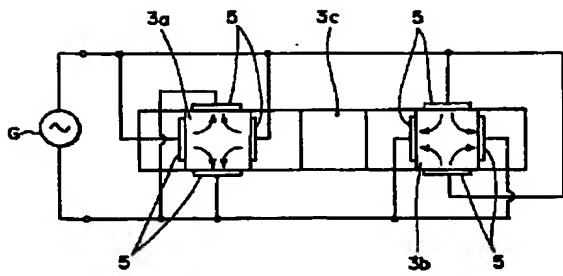
【図13】



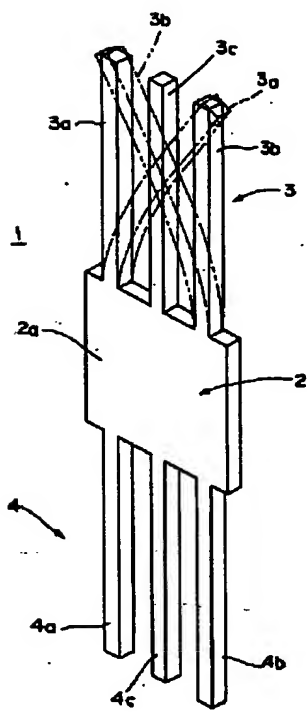
【図2】



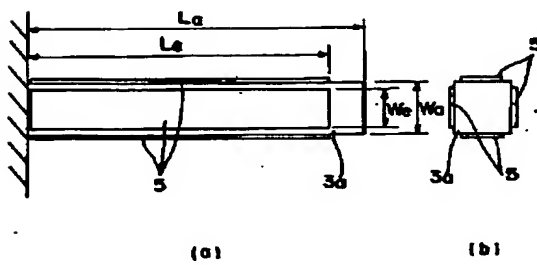
【图3】



【图5】



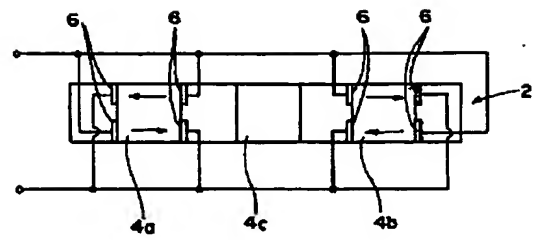
【图7】



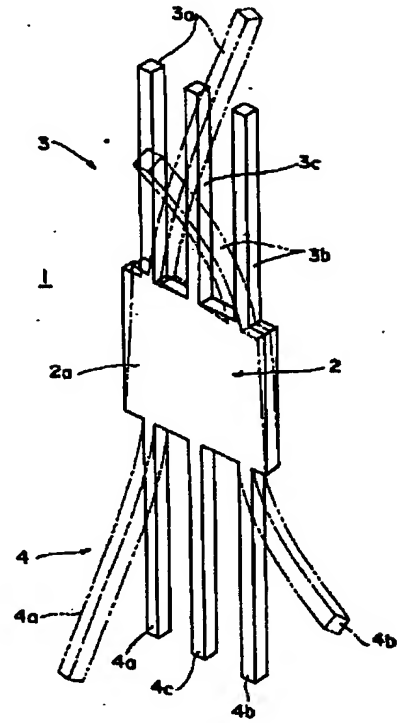
(a)

(b)

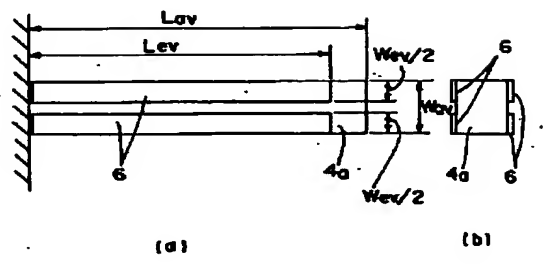
【图4】



【图6】



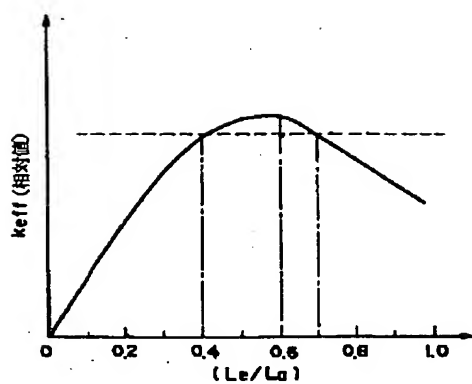
【图10】



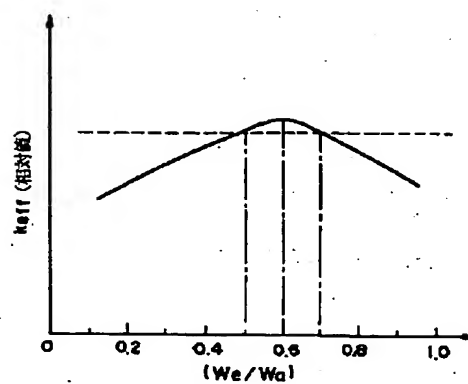
(a)

(b)

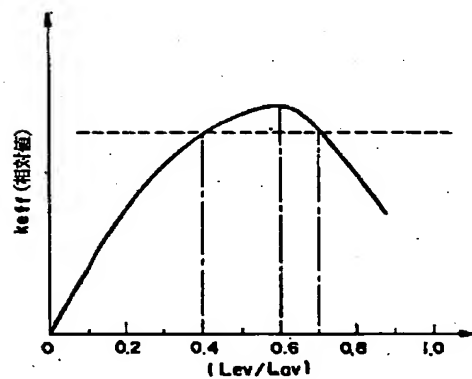
【图8】



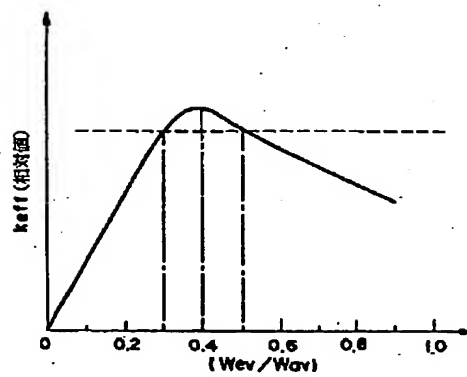
【图9】



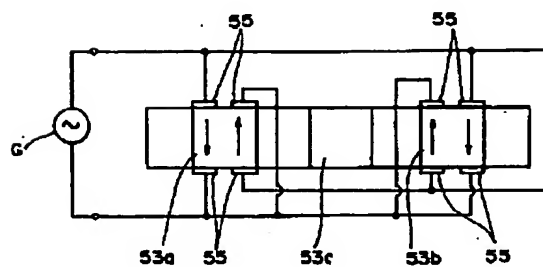
【图11】



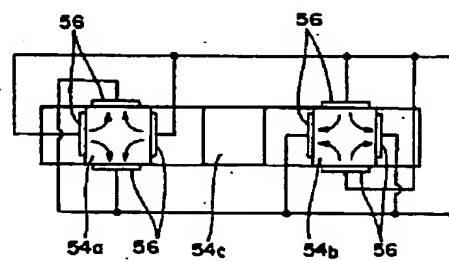
【图12】



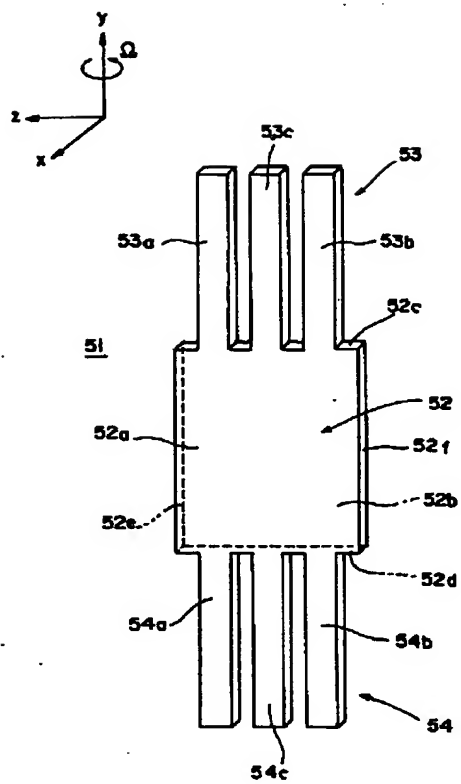
【图16】



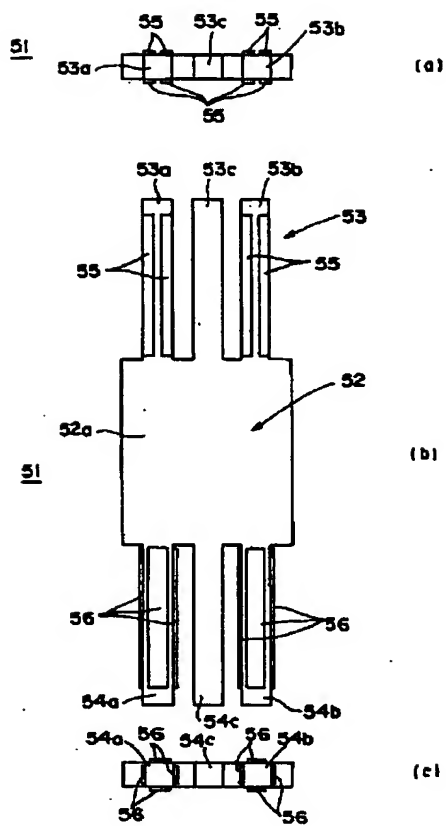
【图17】



【図14】

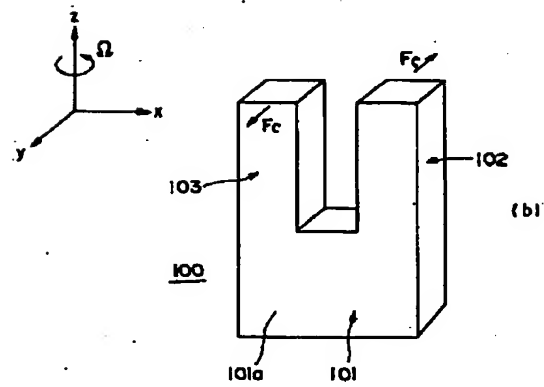
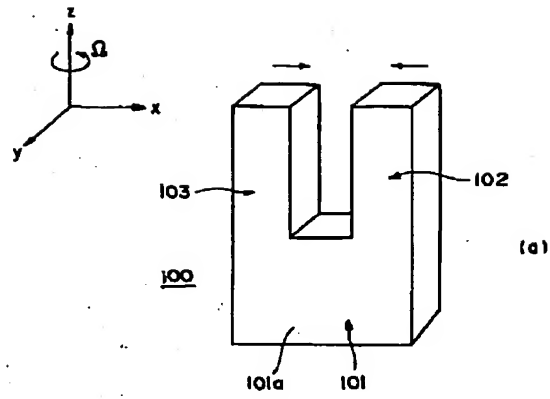


【図15】





【図 18】



**This Page Blank (uspto)**